

VAI TRÒ CỦA SILIC ĐỐI VỚI CÂY TRỒNG

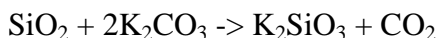
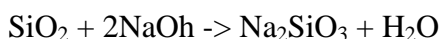
Trần Thị Tường Linh¹, Võ Đình Quang¹

I. Si TRONG ĐẤT

1.1. Si tổng số

Trong vỏ quả đất, Si là nguyên tố phổ biến thứ 2 sau oxy, chiếm 25% khối lượng quả đất. Lượng SiO₂ trong đất cát ít bị phong hóa có thể đến 90% nhưng trong những đất nhiệt đới bị phong hóa mạnh chỉ khoảng 20%. Nhìn chung lượng SiO₂ chiếm khoảng 60 -90% trong đất.

Si là thành phần chính cấu tạo nên đá và khoáng vật. Qua quá trình phong hóa một phần Si được giải phóng ra có thể chuyển thành axit silic (H₂SiO₄) trong dung dịch, một phần lại có thể biến thành keo silic; đặc biệt là trong điều kiện bazơ yếu, Si bị tách ra thành những kết tủa keo có công thức chung là SiO₂.n(H₂O). Những axit silic này sẽ kết hợp với những hydroxide hoặc muối tan của kim loại cũng vừa được giải phóng ra (do sự phong hóa) tạo thành những muối silicate; trong điều kiện bazơ yếu những axit silic tạo với K và Na thành những silicate hòa tan:



Nếu môi trường có phản acid chiếm ưu thế thì Si chuyển thành những axit silic tự do, dễ bị rửa trôi và di chuyển xuống dưới sâu. Vì vậy mà vỏ phong hóa nhiệt đới ẩm và đất nhiệt đới hình thành trên vỏ phong hóa này nghèo keo Si (Trần Công Tấu và cộng sự, 1986).

Đất nghèo si thường gặp ở những vùng có cường độ phong hóa mạnh và nhiều mưa (Nguyễn Vy và Trần Khải, 1978; Trần Kông Tấu và cộng sự, 1986; Samuel và cộng sự, 1993; Dobermann và Fairhurst, 2000); thường có độ bão hòa bazơ kém, pH thấp và hàm lượng oxit sắt, oxit nhôm nhiều, vì vậy khả năng hấp phụ lân cao (Samuel và cộng sự, 1993; Mengel và Kirby, 1987).

1.2. Si hòa tan

Trong khoảng pH rộng (2-9) Si hòa tan trong dung dịch đất chủ yếu là dạng acid monosilicic trung hòa điện – H₄SO₄⁰ và ở trạng thái cân bằng với SiO₂ vô định hình với nồng độ cân bằng là khoảng 2mM (Ponnamperuma, 1972 – trích bởi Mengel và Kirby, 1987). Khi nồng độ Si trong dung dịch cao, các phân tử H₄SO₄⁰ trùng hợp tạo thành chất kết tủa silica (SiO₂) vô định hình (Samuel và cộng sự, 1993).

Khả năng hòa tan của Si trong nước không phụ thuộc vào pH trong khoảng 2-9. So sánh giữa những đất bình thường, nồng độ Si trong dung dịch dao động nhiều từ 3-37ppm. Ở Nhật Bản và Hàn Quốc, nồng độ Si (chiết bằng NaOAc) > 130ppm được đánh giá là thích hợp đối với sự sinh trưởng của cây lúa; ở Đài Loan nồng độ Si thích hợp cho lúa là >90ppm. Nồng độ Si trong dung dịch đất < 0,9 – 2ppm cho thấy không đủ cho sự dinh dưỡng thỏa đáng của cây mía (Samuel và cộng sự, 1993).

¹ Viện Ứng dụng Công nghệ, Chi nhánh Tp Hồ Chí Minh

Nồng độ của H_4SiO_4 trong dung dịch phần lớn bị chi phối bởi phản ứng hấp phụ phụ thuộc vào pH trên bề mặt các secquioxit. Si bị hấp phụ trên bề mặt của oxit Fe và Al; sự hấp phụ giảm nhiều nhất ở pH 9,5. Tỷ lệ giữa lượng Si dễ chiết so với lượng secquioxit tự do hoặc dễ chiết dùng để ước lượng Si dễ tiêu trong đất. Tỷ lệ Si/Al hoặc Si/Fe càng lớn thì sự thu hút được Si bởi cây trồng càng nhiều. Khả năng hấp phụ của oxit Al giảm đáng kể khi sự kết tủa gia tăng.

Trong đất chua nồng độ Si trong dung dịch đất có xu hướng cao hơn so với đất kiềm; việc bón vôi cho thấy làm giảm sự thu hút Si của một số cây trồng.

1.3. Các yếu tố chính ảnh hưởng khả năng hữu dụng của Si

Ngưỡng tiêu chuẩn dùng đánh giá sự thiếu hụt Si trong đất là 40mg Si/kg (chiết bằng NaOAc 1M, pH 4). Một số yếu tố chính – thuộc tính chất đất và chế độ canh tác – có ảnh hưởng đối với khả năng hữu dụng của Si bao gồm: mức độ phong hóa, điều kiện ngập nước và chế độ bón phân.

- Ảnh hưởng của mức độ phong hóa: Mức độ hữu dụng của Si phụ thuộc nhiều vào tốc độ phong hóa phóng thích Si từ khoáng vật vào dung dịch đất. Trong khoáng vật bền với sự phong hóa như thạch anh, Si hoàn toàn không dễ tiêu cho cây. Sự mất mát Si trong đất phong hóa mạnh mẽ sẽ làm giảm nồng độ Si hòa tan và lượng Si cây hút. Sự tích lũy hàm lượng oxit sắt, nhôm tương đối và tuyệt đối làm giảm hàm lượng Si dễ tiêu cho cây.

- Chế độ bón phân: Bón vôi có thể làm giảm sự thu hút Si của một số loại cây như lúa, cao lương và mía.

- Điều kiện ngập nước: Trong quá trình ngập nước hàm lượng Si dễ tiêu tăng, đặc biệt trong đất chứa nhiều chất hữu cơ. Sự thu hút Si dễ dàng hơn khi hàm lượng nước trong đất cao, đặc biệt đối với lúa. Nồng độ Si hòa tan tăng theo thời gian ngập nước do nồng độ dạng thủy phân H_2SiO_4 gia tăng. Khả năng dễ tiêu của Si tăng lên thường đi cùng với sự gia tăng hàm lượng của các hydroxide Fe, Mn khử vô định hình trong đất ngập nước.

II. Si TRONG CÂY

2.1. Hàm lượng và Si trong cây

Hàm lượng Si trong cây phụ thuộc vào tuổi cây. Cây trưởng thành và lá già có hàm lượng Si cao hơn cây còn nhỏ và lá non. Cây trồng có thể được xếp vào nhóm cây tích lũy Si hoặc không tích lũy Si.

- Nhóm cây tích lũy Si: Bao gồm những loại sống ở đất ngập nước như cây lúa, các loại thuộc họ hòa thảo, chứa 10-15% SiO_2 trong chất khô. Nhóm này cũng bao gồm những loại cây trồng cạn nhưng: ngũ cốc, mía và một số cây song tử diệp với hàm lượng Si trong cây thấp hơn (1-3% SiO_2 trong chất khô). Những loài cây có thể thích nghi cao ở đất liền cho đến biển như cỏ, tảo và họ hòa thảo đều là cây thuộc nhóm tích lũy Si. Tro của một số cây đơn tử diệp có thể chứa đến 90% SiO_2 .

- Nhóm cây không tích lũy Si: gồm hầu hết các loại cây song tử diệp như cây họ đậu với ít hơn 0,5% SiO_2 trong chất khô.

Dạng silica vô định hình hiện diện trong cây là dạng silica gel (tức là một dạng của silica vô định hình được hydrate hóa, $SiO_2.n H_2O$, hoặc axit silica được trùng hợp). Silica gel là dạng phổ biến nhất của Si trong cây, chiếm 90 – 95% Si tổng số trong cây. Ngoài ra: Si cũng hiện diện ở những dạng khác, Si trong nhựa cây ở dạng axit silic H_4SiO_4 . Silic có thể được kết hợp với các

thành phần của vách tế bào dạng silica hoặc có thể trong pectin. Phân tử của axit silic sẵn sàng kết hợp với nhiều chất (cả cá phân tử đơn giản như methemoglobin, albumin, collagen, gelatin, insulin, pepsin và lamirarin). Một phần silica trong cây được liên kết chặt trong cấu trúc của cellulose và chỉ có thể tách rời được sau khi cellulose bị phân hủy.

2.2. Cơ chế hút Si của cây

Trong dung dịch pH < 9, trong dung dịch đất và nước tự nhiên Si tồn tại ở dạng H_4SiO_4 (Mengel và Kirkby, 1987; Samuel và cộng sự, 1993), và đây là dạng Si cây hút.

Sự thu hút Si của cây được giải thích theo hai cơ chế: (1) Thu hút một cách thụ động bằng quá trình thoát hơi nước của cây; (2) Thu hút có chọn lọc do sự chi phối của quá trình trao đổi chất.

Các nghiên cứu từ rất lâu cho rằng: Si được thu hút vào cây một cách thụ động, ít nhất là đối với các giống lúa trong nghiên cứu, do lượng Si cây hút thực tế rất thống nhất với số liệu Si được hút vào rễ tính toán từ nồng độ Si trong dung dịch đất và hệ số thoát hơi nước của cây. Axit silic cũng có thể được phân bố trong cây theo dòng chảy do sự thoát hơi nước của cây. Axit silic được cung cấp liên tục bởi sự hấp thụ qua rễ và sự tích lũy silica liên tục trong các bộ phận trên không, đặc biệt trong biểu bì, khi nước thoát ra bởi sự bốc hơi. Tuy nhiên, các tác giả cũng lưu ý rằng những loại cây có tỷ lệ silica trong chồi tương đối thấp phải có cơ chế đẩy nó ra khỏi bề mặt rễ. Sự thu hút Si thụ động do dòng chảy khối lượng được tính toán từ hệ số thoát hơi nước và nồng độ Si trong dung dịch.

Bảng 1. Lượng Si thực tế cây hút và lượng Si vào rễ theo dòng chảy khối lượng của cây lúa, lúa mì và đậu nành trồng trong dung dịch dinh dưỡng với 3 mức nồng độ Si

Cây trồng	Nồng độ Si trong dung dịch dinh dưỡng	Hệ số thoát hơi nước	Si cây hút thực tế	Si cung cấp theo dòng chảy
	mg Si/L	L H ₂ O/kg chất khô	G SiO ₂ /kg chất khô	
Lúa	0,75	286	10,9	0,2
	30	246	94,5	7,4
	162	248	124,0	40,2
Lúa mì	0,75	295	1,2	0,22
	30	295	18,4	8,9
	162	267	41,0	43,3
Đậu tương	0,75	197	0,2	0,15
	30	197	1,7	5,9
	162	197	4,0	31,9

Nguồn: Van Der Vorm, 1980.

Van der Vorm (1980 – trích dẫn bởi Mengel và Kirkby, 1987) cho rằng dù sự thu hút Si một cách thụ động hay được điều khiển bằng quá trình trao đổi chất dường như phụ thuộc vào loại cây và nồng độ của H_4SiO_4 ở bề mặt rễ. Số liệu trình bày trong bảng 1 cho thấy, đối với lúa, lượng Si cây hút thực tế cao hơn rất nhiều so với kết quả tính toán cho thấy có sự trao đổi chất tham gia vào quá trình thu hút Si của cây. Điều này càng rõ hơn trong trường hợp nồng độ Si trong dung dịch dinh dưỡng thấp. Hiện tượng tương tự xảy ra với lúa mì nhưng sự chênh lệch giữa số liệu cây hút thực tế so với số liệu tính toán ít hơn trường hợp của cây lúa, ngoại trừ ở mức nồng độ cao nhất sự thu hút Si của cây dường như là thụ động. Đối với đậu nành, sự vận

chuyển Si vào cây rõ ràng bị hạn chế, ngoại trừ trường hợp có nồng độ Si thấp nhất. Ở mức nồng độ Si trong dung dịch trung bình (30mg Si/L) có thể kết luận trong điều kiện đồng ruộng sự thu hút Si của cây lúa có tính chọn lọc cao, tương tự đối với lúa mì nhưng mức độ kém hơn nhiều và sự thu hút Si của đậu nành bị giới hạn. Do sự thu hút Si của cây lúa có tính chọn lọc nên nồng độ Si trong nhựa cây có thể cao hơn hàng trăm lần so với dung dịch bên ngoài.

Cây hút những lượng và tỷ lệ Si khác nhau tùy thuộc vào dạng và nồng độ của acid silicic hòa tan trong dung dịch canh tác. Ví dụ, cùng tỷ lệ của silica, lúa hút hơn đậu từ 10-20 lần. Những cây trong cùng họ cũng thu hút Si với tỷ lệ khác nhau. Hàm lượng Si trong cây (tính trên % chất khô) tăng tỷ lệ với acid silicic hòa tan trong dung dịch đất, như thấy ở cây lúa, hướng dương và yến mạch.

2.3. Sự vận chuyển và phân bố Si trong cây

Cho dù silica gel được đông đặc hay tích tụ lại trong bộ phận nào đó của cây đều trở nên không linh động, vì vậy không thể là nguồn cung cấp Si cho các bộ phận khác trong cây nếu có sự thiếu hụt Si xảy ra trong các giai đoạn sau đó. Tương tự đối với Silica gel trong tảo, nó vẫn giữ nguyên trong các tế bào sống và chỉ bắt đầu phân hủy khi tế bào chết đi.

Sự phân bố Si trong cây tùy thuộc vào loại cây và bộ phận của cây. Trong một số cây, Si được phân bố đồng thời khá đồng nhất giữa chồi và rễ, trong khi những cây khác nó có thể tích lũy trong chồi nhiều hơn trong rễ. Thỉnh thoảng, có trường hợp hàm lượng Si trong rễ cao hơn ở chồi. Đối với cà chua, hành, củ cải và bắp cải Trung Quốc có hàm lượng Si khá thấp, lượng Si trong rễ tương đương hoặc cao hơn trong chồi. Khi lượng Si tổng số trong cây cao, Si dường như tập trung nhiều ở các bộ phận trên không (lá, bẹ lá, đốt thân), thể hiện rõ ở cây lúa, cây yến mạch. Hàm lượng silica trong rễ cây yến mạch ít hơn 2% lượng silica của toàn cây. Vách tế bào của lớp biểu bì, ống mạch và sợi chứa nhiều silica (dạng được hydrate hóa nhiều). Trong lá, Si có trong biểu bì, bó mạch cùng với bao của bó mạch và cương mô. Trong bẹ lá và thân, Si chủ yếu có trong biểu bì phía ngoài, bó mạch và dọc theo vách tế bào nhu mô. Ngược lại với lá, Si được tìm thấy ở tất cả các bộ phận của rễ.

Sự liên kết giữa silica với cellulose trong các tế bào biểu bì lá như sau: trên lớp biểu bì là một lớp silica, kế đó ở bên ngoài là lớp cutin mỏng. Lớp kép này, lớp silica và lớp cutin, có ý nghĩa rất lớn trong việc hạn chế sự thoát hơi nước không cần thiết qua lớp biểu bì, cũng như tác dụng bảo vệ chống lại sự xâm nhập của nấm bệnh.

Theo Mengel và Kirkby (1987), sự phân bố Si trong cây phụ thuộc vào mức độ thoát hơi nước của các bộ phận khác nhau của cây.

2.4. Vai trò của Si đối với đời sống của cây

Si có ảnh hưởng lên sự tổng hợp lignin. Vách tế bào của rễ cây lúa mì không có Si cho thấy tỷ lệ lignin bị sụt giảm trong khi đó tỷ lệ các phenolic gia tăng (Jones và công sự, 1978). Si đóng vai trò như chất dinh dưỡng có tác dụng tăng cường sự sinh trưởng, cải thiện năng suất cây trồng và chất lượng nông sản. Tùy trường hợp, Si có thể được đánh giá là có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự sinh trưởng và năng suất cây trồng, hoặc không ảnh hưởng.

Cây trồng đáp ứng với Si quan trọng nhất là lúa, có mối tương quan chặt giữa hàm lượng Si trong rơm rạ với năng suất lúa (Park, 1979 – trích dẫn bởi Mengel và Kirkby, 1987), hiệu lực của Si đối với bội thu năng suất hạt lúa rất rõ (Nagabovanalli và công sự, 2002). Hơn nữa, Si cũng có tác dụng tốt lên các yếu tố cấu thành năng suất như số bông, số hạt/bông và % hạt chắc. Silic đặc biệt kích thích sự tái tạo các cơ quan của cây lúa (Mengel và Kirkby, 1987).

Có thể kết luận: mặc dù, Si dường như không phải là chất dinh dưỡng thiết yếu cho sự sinh trưởng thực vật của phần lớn cây trồng nhưng Si rất cần thiết đối với sự phát triển khỏe mạnh của nhiều loại, đặc biệt là đối với các loại cây có hàm lượng Si trong cây cao như: lúa, ngô và mía.

Si có ảnh hưởng tốt lên sự sinh trưởng và năng suất của cây nhờ vào tác dụng làm giảm sự thoát hơi nước quá mức, tăng sức chống chịu của cây đối với nấm, sâu bệnh và giảm đổ ngã. Si đóng vai trò như một thành phần thuộc về cấu trúc ngăn chặn sự thoát hơi nước quá mức (Raven, 1983). Trong tế bào được cung cấp đầy đủ Si, sự hao hụt nước canh tác giảm đi nhờ vào sự tích lũy silica trong biểu bì (bảng 1). Tốc độ thoát hơi nước nói chung chịu ảnh hưởng bởi hàm lượng silica gel liên kết với cellulose trong vách tế bào biểu bì. Lớp silica gel dày hơn giúp hạn chế sự mất nước, trong khi vách tế bào biểu bì ít silica gel sẽ cho nước thoát ra nhanh hơn. Đối với lúa và lúa mì với mức Si được cung cấp cao hơn thì các hệ số thoát hơi nước thấp hơn. Cây thiếu Si dễ bị héo, đặc biệt trong điều kiện độ ẩm thấp, điều này giúp giải thích cho sự gia tăng tích lũy Mn và các chất dinh dưỡng khoáng khác trong các bộ phận trên không của cây thiếu Si.

Sức chịu đựng tốt hơn của cây đối với sự xâm nhập của nấm bệnh có thể cũng nhờ vào sự tích lũy Si trong lớp tế bào biểu bì (Miyake và Takahashi, 1978). Kết quả nghiên cứu trên nhiều loại cây trồng chứng tỏ Si có ảnh hưởng tốt đến khả năng chống chịu của cây nhờ vào hàm lượng Si trong cây cao giúp bảo vệ cây trước sự tấn công của sâu bệnh (Datnoff và cộng sự, 1991; Võ Minh Kha và Bùi Đình dinh, 1996; Dobermann và Fairhurst, 2000; matichenkov và Calvert, 2002).

Đặc biệt đối với cây lúa và ngũ cốc, Si giúp lá mọc thẳng đứng hơn, giảm đổ ngã do mưa gió, giúp cho việc sử dụng ánh sáng được hiệu quả và tăng hiệu lực của phân N (Suichi Yosida, 1985; Mengel và Kirkby, 1987; Ho Chong Wah, 1996).

Si có thể làm ảnh hưởng của Mn, Fe do các nguyên nhân sau:

- Sự phân phối Mn trong lá hợp lý hơn: dưới ảnh hưởng của Si, Mn được di chuyển dễ dàng từ các mạch dẫn truyền đến các bộ phận bên trên vì vậy ngăn chặn sự tích lũy Mn tại chỗ (Horst và Marschner, 1978).
- Si khống chế sự thu hút Fe và Mn vào cây: Trong đất lúa nước thường chứa Fe và Mn dạng khử với lượng lớn, sự hiện diện của Si trong cây với hàm lượng cao dường như làm tăng tỷ lệ những khoảng trống chứa khí trong chồi và rễ có thể giúp oxy được vận chuyển vào rễ, vì vậy năng lực oxy hóa của rễ được tăng cường (Suichi Yosida, 1985). Dạng Fe^{2+} và Mn^{2+} được oxy hóa bởi rễ lúa chuyển thành dạng không tan và kết tủa trên bề mặt rễ. Tuy nhiên, Fe và Mn dạng oxy hóa bám trên bề mặt rễ có thể gây cản trở sự thu hút nước và dinh dưỡng của cây. Ảnh hưởng làm giảm độ độc Mn và Fe phụ thuộc vào Si trong cây hơn là nồng độ Si của dung dịch bên ngoài. Trong cây bị thiếu Si, Fe và Mn được chuyển đến những bộ phận trên không.

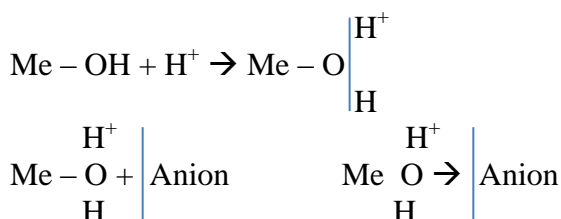
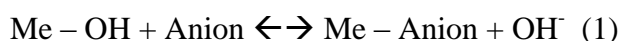
Kết quả thí nghiệm của Võ Thị Guong và cộng sự (1998) cho thấy bón Ca-silicate với liều lượng 250 và 500kg SiO_2 /ha/vụ cho lúa trên đất phù sa (Tiền Giang) làm giảm rõ hàm lượng Mn trong cây lúa giai đoạn làm đòng.

Tác dụng tương hỗ giữa Si với P giúp cây hấp thu chất dinh dưỡng tốt hơn, cây tăng trưởng nhanh có thể làm pha loãng nồng độ Fe trong cây (Trần Thị Tường Linh và cộng sự 2005 b), tăng tỷ lệ P/Fe trong cây vì vậy tăng khả năng chịu phèn của cây lúa (Nguyễn Minh Hạnh,

1991). Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Đức Thuận (2002) cho thấy: bón phân lân nung chảy (thermo phosphate – TP, chứa 24% SiO₂) cho lúa trồng trên đất phèn nặng mới khai hoang làm tăng tỷ lệ P/Fe trong cây cao hơn so với bón phân supe lân (SSP) hoặc triple super phosphate (TSP).

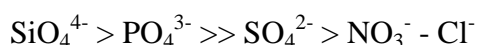
Si cũng tăng cường sự thu hút lân của cây nhờ vào tác dụng làm giảm khả năng cố định lân của đất, cải thiện tình trạng lân dễ tiêu trong đất (Mengel và Kirkby, 1987; Nguyễn Tử Siêm và Trần Khải, 1996; Võ Minh Kha và Bùi Đình Dinh, 1996; Fiantis Dian và cộng sự, 2002; Trần Thị Tường Linh và cộng sự, 2005 a).

Cơ chế của hiện tượng này là do các anion silicate được bón vào có khả năng thay thế các anion H₂PO₄⁻ trên các vị trí hấp phụ của ôit Fe, Al (Mengel và Kirkby, 1987; Sanyal và De Datta, 1991; Samuel và cộng sự, 1993; Borggaard, 1990). Tương tự anion phosphate, các anion của axit silic có thể tham gia vào các phản ứng trao đổi ligand với các nhóm hydroxyl (OH) trên bề mặt khoáng (phương trình 1); hoặc kết hợp với các ôit sắt, nhôm mang điện tích dương bằng lực hút tĩnh điện (hình 1).



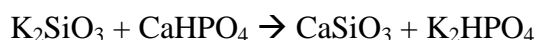
Hình 1. Sơ đồ mô tả sự hấp phụ anion (phosphate hoặc silicate) do lực hút tĩnh điện với nhóm OH₂⁺

Mengel và Kirkby (1987) cho rằng: sự thay thế anion phosphate bởi anion silicate trên vị trí hấp phụ của oxit sắt, nhôm sẵn sàng xảy ra trong điều kiện acid và trung tính. Tuy nhiên, theo Ronson và Pitman (1983) silicate chỉ có thể bị hấp phụ với sự hiện diện của phosphate khi nó làm tăng điện tích âm bề mặt, tức là pH > 7. Còn theo Bold (1976), mức độ bị hấp phụ một số anion vô cơ có thể xếp theo thứ tự giảm dần như sau:



Theo Trần Công Tấu và cộng sự (1986), axit silic vô định hình có khả năng hấp phụ cation với một lượng khá cao (34meq/100g ở pH 7).

Lê Văn Căn (1978) cho rằng: nguồn gốc của những biện pháp bón silicate, hoặc bón những loại phân lân nung chảy là do trong đất muối silicate có khả năng chuyển một số loại phosphate thành dạng dễ tiêu hơn, ví dụ:



Việc đất rạ vũ Đông Xuân để gieo sạ lúa Hè Thu, cơ chế chủ yếu là tạo phức của SiO₂ với Al³⁺ và Fe³⁺, là một biện pháp có thể hạn chế độc tố do phèn gây ra (Đỗ Anh, Bùi Đình Dinh, 1992). Tuy nhiên, biện pháp này có hạn chế là gây khói bụi làm ô nhiễm môi trường và lãng phí chất hữu cơ do đốt rơm rạ.

2.5. Mối quan hệ giữa Si và P

Về phương diện hóa học, acid orthosilic (axit silic) có một số tính chất tương tự với acid orthophosphoric (ví dụ, Si và P phản ứng với ammonium molipdate đều tạo phức màu vàng). Nhu cầu P của cây trong nhiều trường hợp có thể phần nào được đáp ứng bằng Si, nhưng vấn đề này sau đó đã được biết rõ là do khả năng cạnh tranh hấp phụ của ion axit silic với ion phosphate trong đất.

Kết quả nghiên cứu của Trần Thị Tường Linh và cộng sự (2005b) cho thấy mối quan hệ tương hỗ giữa Si và P trong cây có tác dụng tích cực lên sự hấp thu và chuyển hóa các chất dinh dưỡng P, Si và N của cây lúa, làm giàu hàm lượng sắt, nhôm vì vậy làm tăng tỷ lệ P/Fe và P/Al trong cây. Bón kết hợp P (dạng TSP) với Si (dạng Na_2SiO_3 hoặc Na_2SiF_6) có ảnh hưởng tốt lên sự sinh trưởng của cây lúa trồng trên đất phèn trong nhà lưới, làm tăng trọng lượng sinh khối, số nhánh/cây và chiều cao cây so với cây lúa không được bón P và Si hoặc chỉ được bón riêng rẽ P hay Si.

III. TRIỆU CHỨNG VÀ NGUYÊN NHÂN CỦA SỰ THIẾU HỤT SI

3.1. Triệu chứng và ảnh hưởng của sự thiếu Si

Khi thiếu Si (bảng 2) cây lúa trở nên mềm và rũ xuống làm tăng sự che rợp nhau của quần thể, hoạt động quang hợp bị hạn chế, thiếu Si nghiêm trọng làm giảm số bông/m², số hạt chắc/bông dẫn đến sụt giảm năng suất. Cây bị thiếu Si dễ bị nhiễm các bệnh do nấm *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*.

Các loại cây tích lũy nhiều Si thường biểu hiện triệu chứng thiếu Si. Triệu chứng thiếu Si điển hình ở lúa là lá già bị chết hoại và héo rũ đi cùng với mức độ thoát hơi nước cao. Trên cà chua, loại cây thuộc nhóm không tích lũy Si, có biểu hiện thiếu Si trong giai đoạn tiếp tục tạo quả, những lá mới ra bị dị tật, sự thụ phấn và tạo quả không thành công.

Bảng 2. Khoảng thích hợp và ngưỡng thiếu hụt Si đối với sinh trưởng của cây lúa

Giai đoạn sinh trưởng	Bộ phận cây	Khoảng thích hợp,%	Ngưỡng thiếu,%
Đẻ nhánh - làm đòng	Lá Y	-	<5
Thu hoạch	Rơm	8-10	<5

Nguồn: Dobermann và Fairhurst, 2000

3.2. Mất Si từ đất do canh tác

Hàm lượng Si trong cây lúa dao động rất lớn (2-10%) nhưng thường là khoảng 5 - 6%. Để tạo ra 1 tấn hạt cây lúa lấy đi khoảng 50 – 110kg Si. Nếu giả định trung bình lượng Si để tạo 1 tấn hạt là 80kg Si, với năng suất lúa là 6 tấn/ha cây lúa hút khoảng 480kg Si/ha và 80% lượng này được tích lũy trong rơm rạ khi lúa chín. Nếu chỉ có hạt lúa được thu hoạch và rơm rạ được để lại trên ruộng thì lượng Si bị lấy đi khoảng 15kg Si/tấn hạt. Đốt rơm rạ không làm mất Si một cách đáng kể, trừ khi rơm rạ bị đốt theo từng đồng lớn và Si bị rửa trôi từ tro do tưới hoặc mưa nhiều.

3.3. Nguyên nhân gây thiếu Si

Sự thiếu Si có thể do một hoặc nhiều nguyên nhân như sau: (i) khả năng cung cấp Si của đất thấp do đất bị phong hóa mạnh; (ii) hàm lượng Si trong mẫu chất thấp và (iii) việc lấy rơm rạ ra khỏi ruộng lúa trong thời gian dài.

IV. CÁC BIỆN PHÁP QUẢN LÝ SI

- Bổ sung Si cho đất từ nguồn Si tự nhiên: Ở một số vùng có thể bổ sung Si một cách đáng kể từ nước tưới, đặc biệt là nước ngầm từ vùng đất núi lửa rất giàu Si. Giả sử trung bình nồng độ Si trong khoảng 3-8mg Si/L và liều lượng nước tưới khoảng 10.000 m³ nước/ha/vụ, có thể tính được lượng Si bổ sung vào từ nước tưới là khoảng 30 – 80kg Si/ha/vụ.

- Quản lý rơm rạ, biện pháp sau thu hoạch: Về lâu dài, sự thiếu Si được ngăn chặn bằng biện pháp không lấy đi rơm rạ lúa sau khi thu hoạch, tái sử dụng rơm rạ (5 – 6%Si) và vỏ trấu (10%Si) để bón vào đất.

- Biện pháp bón phân: Thường xuyên bón phân có chứa silic như Silicate Ca (14 – 19%Si): 120 – 200kg/ha hay Silicate K (14% Si): 40 – 60 kg/ha.

Phân lân nung chảy (TP) đã được sản xuất công nghiệp từ năm 1943; hiện nay vẫn đang được sản xuất tại Nhật Bản, Trung Quốc, Ấn Độ, Hàn Quốc, Mỹ, Brazil, Nam Phi, Việt Nam... Sản xuất TP là một nét đặc biệt của công nghiệp phân lân Nhật Bản. Nhu cầu về phân TP ở Nhật Bản tăng lên chủ yếu do hai nguyên nhân sau: (1) việc bảo quản và sử dụng phân lân nung chảy dễ dàng mặc dù điều kiện khí hậu nóng ẩm và (2) có nhiều đồng lúa cần lượng lớn SiO₂ hòa tan (Nguyễn Huy Phiêu, 1996).

Ở Việt Nam, phân TP tỏ ra có hiệu lực cao đối với nhiều loại cây trồng trên nhiều loại đất như: đất phèn, đất xám, đất đỏ bazan (Công Doãn Sắt và cộng sự, 1990; Nguyễn Đăng Nghĩa, 1994; Mai Thành Phụng, 1996; Lương Đức Loan và Lê Hồng Lịch, 1996). Nhiều nhà nghiên cứu nhận định rằng: việc bón phân TP giúp nâng cao năng suất cây trồng, cải thiện độ phì nhiêu đất nhờ vào tác dụng của hàm lượng Si chưa trong phân, bên cạnh tác dụng của lân và một số nguyên tố khác (La Bình, 1996; Nguyễn Tử Siêm và Trần Khải, 1996; Võ Minh Kha và Bùi Đình Dinh, 1996; Ngô Nhật Tiến, 1996; Nguyễn Đăng Nghĩa, 1994; Mai Thành Phụng, 1994). Việt nam có nguồn quặng apatit dồi dào, tuy hàm lượng P₂O₅ trong quặng tương đối thấp nhưng lại chứa nhiều Si (có loại quặng hàm lượng SiO₂ khoảng 40-50%), thích hợp cho công nghệ sản xuất phân lân theo phương pháp nhiệt. Ngoài ra, nước ta còn có nhiều nguồn khoáng sản chứa Si như: secpentin – H₃Mg₃Si₂O₉, với trữ lượng hơn 20 triệu tấn ở Yên Bái, Thanh Hóa, olivene – (MgFe)₂SiO₄, fenspat, quaczit. Việc phối chế để đa dạng hóa mặt hàng phân lân hoặc tạo ra các loại phân đa yếu tố, chứa P, Si và các nguyên tố dinh dưỡng khác, có thành phần phù hợp với đất và nhu cầu của cây cần được quan tâm và đòi hỏi sự hợp tác của các nhà nghiên cứu công nghệ sản xuất và các nhà nông hóa học với sự chủ trì của các công ty sản xuất phân bón (Võ Minh Kha và Bùi Đình Dinh, 1996).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. La Bình (1996), Nhà máy phân lân Văn Điển và những cải tiến công nghệ, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 11-19.
2. Lê Văn Căn (1978), Giáo trình nông hóa, Nhà xuất bản Nông Nghiệp.
3. Nguyễn Minh Hạnh (1991), Độ đọc sắt, nhôm đối với lúa trên đất phèn và biện pháp khắc phục, tạp chí Nông nghiệp và CNTP, số tháng 6/1991, trang 254 – 258.
4. Võ Minh Kha, Bùi Đình Dinh (1996), Phân lân nung chảy - Hiện trạng và triển vọng, Hội Thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 32-44.

5. Trần Thị Tường Linh, Võ Đình Quang, Lê Thị Hằng, Phan Liêu (2005 a), Ảnh hưởng của anion silicate (SiO_3^{2-}) và anion silicofluoride (SiF_6^{2-}) đến khả năng hấp phụ và giải phóng lân của đất phèn, tạp chí Nông nghiệp và PTNT 1/2005, Nhà xuất bản Lao động Xã hội, Hà Nội, trang 64-67.
6. Trần Thị Tường Linh, Võ Đình Quang, Lê Thị Hằng, Phan Liêu (2005 a), Ảnh hưởng của việc bón lân, silicate natri và silicofluoride natri đến sự sinh trưởng và hấp thu dinh dưỡng của cây lúa trồng trên đất phèn trong nhà lưới, tạp chí Nông nghiệp và PTNT (3+4)/2005, Nhà xuất bản Lao động Xã hội, Hà Nội, trang 33-36.
7. Lương Đức Loan, Lê Hồng Lịch (1996), Hiệu lực của phân lân nung chảy đối với cà phê và một số cây trồng cạn trên đất đỏ bazan – Tây Nguyên, Hội thảo khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 82-91.
8. Nguyễn Đăng Nghĩa (1994), Cơ sở khoa học của việc nâng cao hiệu lực phân lân cho lúa trên đất phèn Đồng Tháp Mười, Luận án Phó Tiến Sĩ Nông nghiệp, Viện Khoa học Kỹ Thuật Nông nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
9. Nguyễn Huy Phiêu (1996), Tổng quan về tình hình và triển vọng sản xuất phân lân nung chảy, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 1-4.
10. Mai Thành Phụng (1994), Một số biện pháp sử dụng đất phèn nặng để trồng lúa ở vùng Đồng Tháp Mười, Luận án phó Tiến Sĩ Khoa học Nông nghiệp, Viện Khoa học Kỹ Thuật Nông nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
11. Mai Thành Phụng (1996), Hiệu lực của phân lân nung chảy đối với lúa ở đồng bằng sông Cửu Long, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 92-111.
12. Công Doãn Sắt, Nguyễn Đăng Nghĩa, Mai Thành Phụng (1990), Kết quả nghiên cứu phân bón cho lúa trên đất phèn Đồng Tháp Mười, tạp chí Nông nghiệp và CNTP, số tháng 9/1990.
13. Nguyễn Tử Siêm, Trần Khải (1986), Hóa học lân trong đất Việt Nam và vấn đề phân lân, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 20-27.
14. Trần Công tấu và cộng sự (1986), Thổ nhưỡng học, Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
15. Ngô Nhật Tiến (1996), Lân, vai trò quan trọng trong sinh trưởng và sự phát triển của cây thân gỗ, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 53-55.
16. Nguyễn Vy, Trần Khải (1978), Nghiên cứu hóa học đất vùng Bắc Việt Nam, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
17. Ho Chong Wah (1996), Báo cáo sử dụng Fused magnesium phosphate đối với cây nông nghiệp nhiệt đới ở Malaysia, Hội thảo Khoa học Phân lân nung chảy, Hà Nội – tháng 5/1996, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, trang 112 – 117.
18. Suichi Yosida (1985), Những kiến thức cơ bản của Khoa học trồng lúa, Nhà xuất bản Nông nghiệp.

19. Ayres A.S. (1966), Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils, *Soil Sci.* 101, pp. 216-227.
20. Bolt G. H. (1976), Adsorption of anions by soils, In soil chemistry. A. Basic Elements, Bolt G. H. and Bruggenwert M. G. M. (eds), Elsevier Scientific, Amsterdam, pp. 91-95.
21. Borggaard O. K. (1990), Dissolution and Adsorption properties of Soil iron oxides. Chemistry Department, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
22. Datnoff E. L., Raid R. N., Snyder G. H., Jones D. B. (1991), Effect of Calcium Silicate on Blast and Brown Spot Intensities and Yields of Rice, *The American Phytopathological Society, Plant Disease*, Vol. 75 N^o 7, pp. 729-739.
23. Dobermann A., Fairhurst T., (2000), *Rice Nutrient Disorders & Nutrient Management*, Oxford Graphic Printers Pte Ltd.
24. Fiantis Dian, Van Ranst Eric, Shamshuddin Jusop, Fauziah Ishak, Zaayah Siti (2002), Influence of silicate application on P sorption and charge characteristics of Andisols from West Sumatra, Indonesia, 17th WCSS, 14-21 August 2002, Thailand.
25. Horst W. J., Marchner H. (1978), Effect of silicon in manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L), *Plant and Soil* 50, pp. 187-303.
26. Matichenkov V. V., Calvert D. V. (2002), Silicon as a beneficial element for sugarcane, *J. Amer. Soc. Of Sugarcane Technologists*, Vol.22, pp. 21-29.
27. Mengel K., Kirkby E. A. (1987), *Principles of plant nutrition*. 4th Edition, International Potash Institute Bern, Switzerland.
28. Miyake Y., Takahashi E (1978), Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 24, pp. 175 – 189.
29. Nagabovanalli B. Prakash, Nagaraj H., Vasuki N., Siddaramappa R., Itoh S. (2002), Effect of recycling of plant silicon for sustainable rice farming in South India, 17th WCSS, 14 – 21 August 2002, Thailand.
30. Raven J. A. (1983), The transport and function of silicon in plants, *Biol. Rev.* 58, pp. 179-207.
31. Samuel L. T., Werner L.N., James D. B., John L. H. (1993), *Soil Fertility and Fertilizers*, Macmillan Publishing Comp., 5th edition.
32. Sanyal S. K., De Data S. K. (1991), *Chemistry of Phosphorus Transformations in Soil*. *Advances in Soil Science*, Volume 16, Springer – Verlag New York Inc, pp. 2 -120.
33. Vo Thị Truong, Truong Thi Nga, Vo Tong Xuan, Karl H. D. (1998), Effect of Calcium silicate and Nitrogen Fertilizer on Rice yield in Alluvial soils and Sandy soil in the Mekong Delta, *Vietnam Soil Science*, Special publication, pp. 46-51.